

# Sustavno gospodarenje energijom i upravljanje utjecajima na okoliš u industriji

Morvaj, Z., Gvozdenac, D. Tomšić Ž.: **Sustavno gospodarenje energijom i upravljanje utjecajima na okoliš u industriji**, Energetika marketing, Zagreb 2016



Uz knjigu uključeno je i elektronička verzija 11 programa (softvera) na pratećoj web stranici za analizu potrošnje energije i utjecaja na okoliš u industrijskim postrojenjima. Programi služe za podršku i praktičnu primjenu metoda razrađenih u knjizi.

Programi su razvijeni i korišteni tijekom konzultantske prakse. Oni olakšavaju proračune i rješavanje specifičnih problema energetske sustava u industriji i poboljšanja ekološke učinkovitosti, financijske evaluacije i praćenja uspješnosti provedbe programa gospodarenja energijom i upravljanja utjecajima na okoliš u industriji. Programi mogu pomoći čitateljima da razumiju relevantne teme i procijene vlastite industrijske energetske sustave.

Ovih 11 programa su korišteni za pripremu konkretnih primjera u knjizi, ali se također mogu koristiti od strane čitatelja za rješavanje vlastitih specifičnih problema.

*Programi su besplatni, ali nisu za komercijalnu upotrebu.*

*Programi se nalaze na WEB stranici: <http://www.fer.unizg.hr/zvne/osoblje/ztomsic>*

Lista programa za preuzimanje:

Program 1: [POSTAVLJANJE CILJANOG UČINA](#)

Program 2: [PRAĆENJE I UPRAVLJANJE UČINOM](#)

Program 3: [EKONOMSKE I FINANCIJSKE ANALIZE](#)

- Program 4: [GORIVA, IZGARANJE I UTJECAJI NA OKOLIŠ](#)
- Program 5: [TERMODINAMIČKA SVOJSTVA VODE I PARE](#)
- Program 6: [TERMODINAMIČKA SVOJSTVA VLAŽNOG ZRAKA](#)
- Program 7: [EFIKASNOST INDUSTRIJSKIH PARNIH KOTLOVA](#)
- Program 8: [IZOLACIJA PARNOG SUSTAVA](#)
- Program 9: [ODREĐIVANJE RADNE TOČKE IZMJENJIVAČA TOPLINE](#)
- Program 10: [PRORAČUN RASHLADNIH TORNJEVA](#)
- Program 11: [ANALIZA RASHLADNIH SUSTAVA \(CIKLUSI KOMPRESIJE PARE\)](#)

[Download \[zip\]](#)

List of standalone applications:

- [Software 1: Performance Target Setting](#)
- [Software 2: Performance Monitoring and Control](#)
- [Software 3: Economic and Financial Analysis \(EFA\)](#)
- [Software 4: Fuels, Combustion and Environmental Impacts](#)
- [Software 5: Thermodynamic Properties of Water and Steam](#)
- [Software 6: Thermodynamic Properties of Moist Air](#)
- [Software 7: Efficiency of Steam Boilers](#)
- [Software 8: Steam System Insulation](#)
- [Software 9: Heat Exchangers Operating Point Determination](#)
- [Software 10: Cooling Towers Calculation](#)
- [Software 11: Refrigeration Systems Analysis \(Vigor-Compression Cycles\)](#)

## **Program 1: POSTAVLJANJE CILJANOG UČINA**

Svaka analiza temelji se na obradi određenog broja unaprijed poznatih podataka koji se odnose na analiziranu tvornicu, postrojenje ili njegov dio. Takvi podaci trebaju biti dovoljno točni i pouzdani, da se odnose na reprezentativni vremenski period i da je frekvencija njihovog očitavanja dovoljna potrebama analize. Pored toga u početnoj fazi analize treba precizno definirati granice postrojenja i mjesta na kojima se mjerenja ili prikupljanje podataka obavlja.

Ovaj program sadrži MS Excel primjer kako je moguće organizirati unos, analizu podataka i zadavanja ciljnog učina. Pored toga dat je MS Visula Basic 6 program iste namjene. Ovaj program je dat u EXE, ali i u kodnoj verziji. Namjera je da se korisnik podstakne da samostalno pristupi izradi sličnih programa za vlastite potrebe.

## **Program 2: PRAĆENJE I UPRAVLJANJE UČINOM**

Nadzor i kontrola procesa je suština efikasnog menadžmenta. Ovdje prikazan program treba shvatiti kao nastavak prethodnog u kojemu se također unose mjerene ali i projektirane vrednosti.

Programom se utvrđuje bazna potrošnja, uspoređuje ta potrošnja sa ostvarenom u određenom vremenskom periodu pri određenim uvjetima. Generira se i CUSUM dijagram.

Analiza se može provoditi na dnevnom, tjednom, mjesečnom ili godišnjem nivou.

## **Program 3: EKONOMSKE I FINANCIJSKE ANALIZE**

Svaki tehnički proračun zahtjeva ekonomsku evaluaciju i sagledavanje uticanja financijskih uvjeta na njegovu održivost.

Dat je MS Excel primjer jednog proračuna sa osnovnom namjerom da se korisniku prikaže jedan od mogućih načina obavljanja ekonomskih i fizijskih procjena.

#### **Program 4: GORIVA, IZGARANJE I UTJECAJI NA OKOLIŠ**

Ovim programom se za zadati kemijski sastav goriva određuje njegova gornja i donja toplotna moć. Ako nije poznat kemijski sastav goriva, program nudi nekoliko karakterističnih goriva (čvrsta, tekuća, plinovita i obnovljiva) tako da korisnik može odabrati neko od ponuđenih.

Program izračunava za tako zadate vrednosti parametre proizvoda izgaranja pri TEORETSKOM IZGARANJU.

Za zadate parametre zraka za izgaranje i zadane parametre proizvoda izgaranja određuju se gubici nastali proizvodima izgaranja i zbog nepotpunog izgaranja. Određuje se i višak zraka, sadržaj ugljik dioksida u proizvodima izgaranja na osnovu poznatog (mjereno) sadržaja kisika u njima, specifična toplina i gustoća plinova, itd.

Na zahtjev korisnika može se dobiti MS Excel tablični i grafički izvještaj o obavljenom proračunu.

Proračunom se određuje i emisija CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> i količina vode u proizvodima izgaranja.

Sve vrijednosti proračuna su iskazane kao specifične, po kilogramu goriva ili postotno.

Teoretske podloge ovog programa su prikazane u poglavlju 8 (2. Dio) i u alatu 5.

#### **Program 5: TERMODINAMIČKA SVOJSTVA VODE I PARE**

Para je jedan od najvažnijih energetske fluida u industriji pa je i nužno poznavanje njenih termofizičkih svojstava. Ovim programom se za zadate dvije veličine stanja određuju ostale. Takvih kombinacija ima deset. Svaka zadata točka se može vidjeti i u dijagramu stanja p – h za vodenu paru i vodu.

Za zadanu temperaturu na posebnom radnom listu određuju se termofizička svojstva suhe pare i kipuće vode (na gornjoj i donjoj graničnoj liniji).

Veličina stanja vode se uvijek određuju na donjoj graničnoj liniji za prvo zadanu od dvije zadane veličine.

Na samom radnom listu date su granične vrijednosti upotrebe ovog programa. One sigurno zadovoljavaju praktične potrebe industrije.

Program može odrediti termodinamičke osobine vode i pare. Raspon tlaka i temperature za izračun može biti u rasponu:

$$p = 0,01 \text{ do } 200 \text{ bara}$$

$$t = 0 \text{ do } 1200 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

#### **Program 6: TERMODINAMIČKA SVOJSTVA VLAŽNOG ZRAKA**

Ovim programom se mogu odrediti termofizičke osobine vlažnog zraka u nezasićenom području. To područje je u industrijskoj primjeni i najčešće i najznačajnije. Ostala područja (magle, leda i mješavine magle i leda) nisu obuhvaćena.

Pet zadataka se mogu riješiti ovim programom: 1) zadati su temperatura suhog termometra i relativna vlažnost; 2) temperature suhog i vlažnog termometra; 3) temperatura suhog termometra i entalpija vlažnog zraka; 4) apsolutna vlažnost i entalpija vlažnog zraka i 5) temperatura suhog termometra i apsolutna vlažnost. U svim zadacima mora biti zadat i pritisak zraka.

U rezultatu proračuna dobiju se svi relevantni parametri vlažnog zraka (pored zadatih): gustoća, specifična toplina, točka rose, viskoznost, itd.

Pritisak vlažnog zraka može biti u granicama od 0,1 do 10 bar. Granice drugih promjenljivih se izračunavaju i prikazuju na ekranu, a opće poznate vrijednosti se podrazumijevaju (na primjer, poznato je da relativna vlažnost može biti u granicama od 0 do 100%).

Teoretske podloge za ovaj program dane su u alatu 6.

Program nudi određivanje termodinamičkih i transportnih svojstava nezasićenih vlažnog zraka u uvjetima :

$$p = 0,1 \text{ do } 10 \text{ bara}$$

$$t = -20 \text{ do } 250 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

## **Program 7: EFIKASNOST INDUSTRIJSKIH PARNIH KOTLOVA**

U šest koraka ovoga programa moguće je riješiti šest zadataka. Karakteristično i za ovaj program je da zahtijevaju unošenje osnovnih podataka o kotlu i nekih izmjerenih vrijednosti (potrošnja goriva, sadržaj kisika u proizvodima izgaranja, temperatura proizvoda izgaranja itd.). Takvim pristupom moguće je iterativnim postupcima procijeniti i efekte promjena nekih od mjerenih veličina.

Unos podataka o gorivu je identičan kao i u programu 4. U prvom koraku se određuju ostali podaci vezani za gorivo i parametri teorijskog izgaranja.

U drugom koraku unose se osnovni projektni podaci o kotlu (name plate data) i izračunavaju se parametri kotla pri njegovom nominalnom opterećenju.

U trećem koraku se unose određeni osnovni mjereni podaci pri analiziranom opterećenju. Unosi se i podatak o željenoj metodi određivanja efikasnosti kotla (direktna ili indirektna).

U četvrtom koraku unose se i potrebni preostali podaci dobiveni mjerenjem po zahtijevanoj padajućoj listi.

U petom koraku obavlja se izračunavanje efikasnosti i nude se mjere za njeno povećanje: 1) promjena sadržaja kisika u proizvodima izgaranja; 2) poboljšanje kvaliteta kotlovske vode i sistema odmuljivanja kotla; 3) ugradnja ekonomajzera; 4) 1 + 2 zajedno; 5) 1 + 3 zajedno; 6) 1 + 2 + 3 zajedno.

Programom se određuju efikasnosti kotla (i drugi podaci) za svaki od zadataka i vrši se usporedba sa referentnim proračunom obavljenim u drugom koraku.

U šestom koraku prikazuju se sumarno svi rezultati iz kojih korisnik može da donese odluku o tome što treba raditi u cilju povećanja energetske efikasnosti analiziranog kotla.

## **Program 8: IZOLACIJA PARNOG SUSTAVA**

Obavlja se proračun gubitaka za dane temperature u cijevima ili posudama industrijskih postrojenja i zadate temperature okoline. Proračun se obavlja za neizolirane cijevi ili posude i za nekoliko debljina izolacije. Debljinu izolacije može i odrediti sam korisnik. Na sličan način se bira i termička vodljivost izolacijskog materijala.

Program nudi tri tipa proračuna: 1) slobodna cijev; 2) više cijevi; 3) posude ili rezervoari.

## **Program 9: ODREĐIVANJE RADNE TOČKE IZMJENJIVAČA TOPLINE**

Toplinski izmjenjivači su nezaobilazni elementi industrijskih postrojenja, ali i opreme koja se koristi u realizaciju mjera za povećanje njihove energetske efikasnosti. Za klasične i uobičajene pretpostavke proračuna dvofluidnih toplinskih izmjenjivača postoji ukupno 21 mogućih zadataka. Program nudi osam tipova strujnog aranžmana dva fluida, odnosno za te aranžmane se određuje efektivnost ( $\epsilon$ ) izmjenjivača za zadate vrednosti broja jedinica prijenosa (NTU) i odnosa toplinskih kapaciteta fluidnih struja ( $\omega$ ).

Posebno se analiziraju problemi proračuna kondenzatora i isparivača. Za svaki od njih postoji pet zadataka.

U prvom dijelu proračuna izračunavaju se bezdimenzijski parametri fluida, a u drugom djelu se zadaje vrsta fluida iz ponuđene padajuće liste, ili se zadaje specifična toplina fluida ako nije na ponuđenoj listi.

Proračunom se dobivaju svi relevantni parametri toplinskog izmjenjivača.

Teorijske podloge ovog programa date su u alatu 11.

### **Program 10: PRORAČUN RASHLADNIH TORNJEVA**

Program obuhvaća dva najčešće primjenjivana tipa tornjeva za hlađenje: protusmjerni i unakrsni. Analiziraju se slijedeći zadaci: 1) određivanje osnovnih indikatora učina; 2) usporedba trenutnih indikatora sa projektiranim vrijednostima (acceptant test); 3) ispitivanje uticanja promjene protoka zraka i vode na energetske indikatore; 4) određivanje protoka vode za zadato toplinsko opterećenje tornja za hlađenje i zadanu temperaturu vlažnog termometra.

Ovim programom mogu se simulirati različiti režimi rada tornja za hlađenje i da se procijene mogući efekti mjera za povećanje energetske efikasnosti.

Teorijske podloge ovog programa date su u alatu 12.

### **Program 11: ANALIZA RASHLADNIH SUSTAVA (CIKLUSI KOMPRESIJE PARE).**

Za šest standardnih jednostupanjskih i dvostupanjskih ciklusa rashladnog postrojenja i za više vrsta rashladnih fluida moguće je odrediti sve relevantne parametre rashladnog ciklusa. I ovaj program zahtjeva mjerenja pojedinih parametar procesa koji se moraju unesti zahtijevanim redoslijedom. Za svaku veličinu date su granice standardnih vrednosti. Ako je izmjerena veličina van ponuđenih granica, dalji unos nije moguć i treba provjeriti valjanost mjerenja. Promjenom pojedinih veličina može se procijeniti efekt primjene nekih od mjera za povećanje energetske efikasnosti.

Teorijske podloge ovog programa date su u poglavlju 11. Rashladni sustav (2. Dio).